

Создание доноров ультраскороспелости ячменя

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-83-92



УДК 633.16.631.523

Поступление/Received: 20.08.2020

Принято/Accepted: 23.12.2020

И. А. ЗВЕЙНЕК*, О. Н. КОВАЛЕВА

Федеральный исследовательский центр
Всероссийский институт генетических ресурсов
растений имени Н.И. Вавилова,
190000 Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Б. Морская, 42, 44
✉ *izv-spb1@mail.ru, o.kovaleva@vir.nw.ru

Developing donors
of ultra-early maturity in barley

I. A. ZVEINEK*, O. N. KOVALEVA

N.I. Vavilov All-Russian Institute
of Plant Genetic Resources,
42, 44 Bolshaya Morskaya Street,
St. Petersburg 190000, Russia
✉ *izv-spb1@mail.ru, o.kovaleva@vir.nw.ru

Актуальность. Продолжительность вегетационного периода во многих регионах с неустойчивыми климатическими условиями является лимитирующим фактором получения высокого урожая зерна. Создание ультраскороспелых доноров ячменя дает возможность ускорить селекционный процесс для получения скороспелых коммерческих сортов, адаптированных к условиям зоны возделывания. **Материалы и методы.** Доноры Кибел, Кибел улучшенный, Кибцел, Кибкор созданы на основе гибридной комбинации Белогорский × к-15881 методом индивидуального отбора форм, сочетающих скороспелость и продуктивность. Эксперименты проводились согласно методическим указаниям, разработанным в ВИР. По элементам продуктивности урожая рассчитывали показатель урожайности доноров относительно стандартного сорта 'Белогорский'. **Результаты и выводы.** Скороспелость доноров контролируется тремя рецессивными генами. Период «всходы – колошение» доноров был на 7–9 дней короче, чем у стандарта 'Белогорский', с низкой нормой реакции, что указывает на их высокую адаптивность. Полученные формы высокоустойчивы к полеганию. Донор Кибел улучшенный по всем элементам продуктивности колоса не отличался от стандарта. Остальные доноры по длине колоса и крупнозерности близки к стандарту. На примере создания донора Кибел улучшенный показана возможность получения форм, сочетающих скороспелость и продуктивность. Созданные доноры представляют интерес для селекции на скороспелость в зонах, где продолжительность вегетационного периода является лимитирующим фактором.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, скороспелость, продуктивность, адаптивность.

Background. The length of the growing season is a limiting factor in many regions with unstable climatic conditions. The development of ultra-early barley donors makes it possible to accelerate the breeding process aimed at producing commercial cultivars adapted to cultivation area requirements. **Materials and methods.** The donors Kibel, Kibel uluchshenny, Kibtsel and Kibkor were obtained through individual selection of barley forms combining earliness and productivity from the hybrid combination Belogorsky × k-15881. The experiments were carried out according to the approved guidelines. Yield components were used to calculate the index of productivity for the donors versus the reference cv. 'Belogorsky'. **Results and conclusions.** Earliness is controlled in the donors by three recessive genes. The donors' period from emergence to heading was 7–9 days shorter than that of the reference cv. 'Belogorsky', with a low norm of reaction, which attested to their high adaptability. The resulting barley forms were highly resistant to lodging. The donor Kibel uluchshenny in all spike yield components did not differ from the reference. The other donors were close to the reference in spike length and 1000 seed weight. The example of Kibel uluchshenny was used to demonstrate the possibility of producing barley forms combining high earliness and good productivity. The developed donors may prove useful in the breeding for earliness in the areas where the length of the growing season is a limiting factor.

Key words: *Hordeum vulgare*, earliness, productivity, adaptability.

Введение

Скороспелость, адаптивность, продуктивность являются важными составляющими современного коммерческого сорта. В зонах возделывания ячменя с неблагоприятными климатическими условиями скороспелые адаптивные сорта обеспечивают высокую урожайность. Урожайность сорта определяется элементами его структуры – продуктивной кустистостью, длиной колоса, числом колосков в колосе, числом зерен в колосе, массой зерна с главного колоса, массой зерна с растения, массой 1000 зерен. Устойчивость к полеганию является одним из главных признаков, обеспечи-

вающих урожайность и качество зерна. Данный признак тесно коррелирует с высотой растения и толщиной соломины. Продуктивность колоса состоит из комплекса признаков и тесно взаимосвязана с числом и массой 1000 зерен (Rodina, Shchennikova, 2002). Крупнозерность является одним из определяющих элементов структуры урожая. Адаптивность отражает устойчивость сорта к экстремальным климатическим факторам. Длина колоса, число колосков в колосе – слабо изменчивые количественные признаки. Масса зерна с главного колоса, продуктивность одного растения коррелируют с урожаем зерна с единицы площади (Vatukova, Korelina, 2017). Для селекции в условиях Край-

него Севера РФ выявлены приоритетные признаки, влияющие на урожайность – скороспелость, продуктивная кустистость, масса 1000 зерен. В результате анализа многолетних данных полевого изучения образцов ячменя в условиях Северо-Западного региона РФ (Ленинградская обл., Пушкин) определены хозяйственно ценные признаки с наименьшей вариабельностью по годам исследований: высота растения, вегетационный период, масса 1000 зерен, и с наибольшей – масса зерна с 1 м² (Novikova et al., 2013). Для засушливых зон земледелия рекомендованы пластичные сорта с коэффициентом адаптации выше единицы (Kozubovskaya, Balakshina, 2018). В условиях сухостепной зоны Волгоградской области высокая корреляция наблюдалась между урожайностью и количеством продуктивных побегов (Kozubovskaya et al., 2017). В Воронежской области так же, как и в Волгоградской, одним из важнейших свойств ячменя является засухоустойчивость, которая определяется быстрыми всходами и коротким периодом «всходы – колошение»; высокая урожайность детерминирована продуктивным стеблестоем и крупностью зерна (Ershova, Golova, 2013).

Залогом успеха селекционного процесса является подбор родительских пар, основанный на выборе хорошо изученного материала. Изучение мирового генофонда позволило выделить формы с контрастными признаками. Однако не многие из выделившихся по фенотипу образцов обеспечивают быстрое получение ожидаемых результатов при включении в скрещивания. В связи с этим введены понятия – источники и доноры. «Источниками называют выделенные по фенотипу формы с нужным селекционеру значением признака. К донорам относят генетически изученные источники, которые: 1. скрещиваются с улучшаемыми сортами и образуют жизнеспособное, высоко фертильное потомство, 2. достаточно универсальны, т. е. обеспечивают планируемый эффект в возможно большем числе гибридных комбинаций, 3. не имеют существенных недостатков, тесно связанных с передаваемым признаком и снижающим урожай до экономически неприемлемого уровня» (Merezhko, 1994, p. 36).

В условиях Северо-Запада России скороспелость является одним из основных направлений селекции. В результате трехлетнего изучения нового материала из коллекции ВИР образцы, созревающие раньше скороспелого стандарта 'Potra', не выявлены (Kovaleva, Ivanova, 2013). Как правило, среднеспелые сорта являются более продуктивными. Б. В. Ригиным с соавторами показана возможность создания рекомбинантов пшеницы, сочетающих ультраскороспелость и высокую продуктивность колоса (Rigin et al., 2018). Создание ультраскороспелых продуктивных доноров ячменя дает возможность увеличить разнообразие форм коллекции ВИР по данному признаку.

Цель нашей работы – создать адаптивные ультраскороспелые доноры ячменя для селекции. Необходимость данной работы очевидна: скороспелость с низкой нормой реакции является залогом продуктивности сорта.

Материалы и методы

Экспериментальная работа выполнена в 2009–2019 гг. в Пушкинских и Павловских лабораториях (научно-производственная база «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» Всероссийского института ге-

нетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, ППЛ ВИР). При скрининге фрагмента коллекции ячменя из стран Юго-Восточной Азии выделен ультраскороспелый образец из Китая (к-15881; var. *coeleste* L.) с периодом «всходы – колошение» (ПВК) по годам исследований от 30 до 33 дней. Изучали гибридную комбинацию Белогорский × к-15881. Сорт 'Белогорский' (к-22089; var. *pallidum* Ser., var. *ricotense* Regel) является среднеранним стандартом для условий Северо-Запада России. В 2009–2011 гг. нами выявлено, что скороспелость образца из Китая контролируется тремя рецессивными генами (Zveinek, Kovaleva, 2017). Отбор продуктивных растений из константных линий F₃, не отличающихся по ПВК от образца к-15881, положил начало созданию ультраскороспелых доноров ячменя. При изучении семей F₃ – F₆ отбирали константные по скороспелости линии с продуктивным колосом, выполненным зерном, высокой массой 1000 зерен и хорошей соломиной для получения доноров скороспелости. Первые формы, сочетающие признаки ультраскороспелости и продуктивности, получены в 2015 г. В дальнейшем данные доноры были названы: Кибел (var. *pallidum*) (скороспелый, пленчатый, продуктивный); Кибцел (var. *coeleste*) (скороспелый, голозерный, продуктивный); Кибкор (var. *pallidum*) (короткостебельный, скороспелый, пленчатый, продуктивный). В период 2015–2019 гг. изучали продуктивность доноров и проводили отборы лучших растений, что привело к созданию Кибела улучшенного (var. *pallidum*).

В полевых экспериментах применялась стандартная агротехника для данной зоны исследований (ППЛ ВИР). Образцы высевали вручную в первой половине мая на делянках площадью 1 кв. м. Фазу полных всходов отмечали датой, когда на поверхности почвы показались развернувшиеся в верхней части листочки более 75% растений на делянке. Колошение отмечали при выдвижении колоса из влагалища последнего листа наполовину. Колошение считали полным при выколашивании 75% растений (Loskutov et al., 2012). В период вегетации и при уборке изучаемого материала проводили отборы лучших растений. Изучение доноров по показателям продуктивности выполняли в лабораторных условиях. Выборка по образцу составляла 10 растений.

Статистические показатели и гистограммы вычисляли в программе Excel. По элементам продуктивности рассчитывали показатель урожайности доноров относительно стандартного сорта 'Белогорский'. Параметры структуры урожая родительской формы принимали за 100%. Для определения динамики изменчивости элементов продуктивности доноров был рассчитан средний родитель – $(P_1 + P_2)/2$, где P₁ и P₂ – родительские формы. Достоверность различий рассчитывали по t-критерию Стьюдента (Dosprekhev, 1985).

В таблице 1 приведены климатические условия проведения опытов за период изучения доноров. По гидротермическому режиму вегетации выделялся 2018 г., который был жарким и сухим. Низкой обеспеченностью влагой характеризовался май 2016, 2017 г., а также июнь и август 2015 и 2019 г. Высокая влагообеспеченность наблюдалась в июле 2015 г. и в июле, августе 2016, 2017 г. В 2017 г. среднемесячная температура мая, июня, июля, а также в июле 2019 г. была заметно ниже среднепогодных значений. В остальные годы изучения температурный режим во время вегетации превышал среднепогодные данные.

Таблица 1. Метеорологические условия в период вегетации ячменя (Пушкин)**Table 1. Meteorological conditions during the growing season of barley (Pushkin)**

Годы изучения	Параметры	Метеорологические условия вегетации			
		Май	Июнь	Июль	Август
2015	Температура, °С	14,4	18,1	18,6	20
	Сумма осадков, мм	54,9	24,4	116,2	35,3
2016	Температура, °С	17,5	18	19,6	18,2
	Сумма осадков, мм	17,8	63,8	174,2	174,3
2017	Температура, °С	9,4	13,6	16,5	17,4
	Сумма осадков, мм	13,4	68,5	122,5	147,6
2018	Температура, °С	15,1	16,2	20,1	19,2
	Сумма осадков, мм	13,7	23,1	95,2	61,6
2019	Температура, °С	12,1	18,7	16,6	17
	Сумма осадков, мм	73	23	93	49
Средние многолетние	Температура, °С	11,3	15,7	18,8	16,9
	Сумма осадков, мм	46	71	79	83

Результаты и обсуждение

В таблицах 2, 3 представлены элементы продуктивности урожая стандартного сорта 'Белогорский' (к-22089; var. *pallidum*, var. *ricotense*), ультраскороспелой формы из Китая (к-15881; var. *coeleste*) и доноров ультраскороспелости Кибел, Кибцел, Кибкор в течение пяти лет изучения. По продолжительности периода «всходы – колошение» доноры отличались на 7–9 дней от среднераннего стандартного сорта 'Белогорский' и практически не отличались от образца из Китая (см. табл. 2). По высоте растений полученные доноры достоверно ниже сорта 'Белогорский', с хорошей крепкой соломиной, устойчивые к полеганию (8–9 баллов). Донор Кибкор характеризовался устойчивой к полеганию короткой прочной соломиной и был ниже сильно полегающего низкорослого образца к-15881. Уменьшение длины соломины не отразилось на длине колоса.

Известно, что такие показатели, как длина колоса, число колосков, число зерен с колоса, масса зерна с колоса, масса зерна с растения, масса 1000 зерен, формируют продуктивность растения. В нашей работе мы стремились сочетать ультраскороспелость местного образца из Китая с продуктивностью стандартного сорта 'Белогорский'.

В 2015 г. значения элементов продуктивности урожая доноров находились между средними у родительских форм и достоверно отличались от стандарта 'Белогорский'. Исключение составил донор Кибел, у которого масса 1000 зерен была выше стандарта (см. табл. 2, 3). Сорт 'Белогорский' в 2016 г. достоверно превышал значения продуктивности доноров по длине колоса, числу колосков, числу зерен с колоса. По массе зерна с колоса, массе зерна с растения и массе 1000 зерен доноры Кибел, Кибцел и Кибкор находились на уровне стандарта и превышали его, только Кибел по массе зерна с колоса уступал стандарту. В 2017 г. изучаемые формы по многим показателям продуктивности приблизились к стандарту,

а по некоторым превысили его. Условный средний родитель $[(P_1 + P_2)/2]$ был сильно превышен донорами. По длине колоса исследуемые формы находились на уровне стандарта. Донор Кибцел по всем остальным параметрам продуктивности (кроме массы 1000 зерен) находился на уровне стандарта, либо превышал его. Засуха 2018 г. оказала отрицательное влияние на формирование числа зерен с колоса, массы зерна с колоса и массы 1000 зерен у скороспелых доноров (см. табл. 1, 2, 3). Вышеперечисленные показатели продуктивности находились на уровне среднего родителя или несколько превышали его. Гидротермические условия 2018 г. не повлияли на длину колоса, число колосков и массу зерна с растения изучаемых доноров и были близки к стандарту. В 2019 г. элементы продуктивности урожая донора Кибел улучшенный достоверно не отличались от сорта 'Белогорский', масса 1000 зерен на 2,9 г превышала стандарт. Ультраскороспелый донор выколашивался на 8 дней раньше, чем стандартный сорт 'Белогорский' и характеризовался устойчивостью к полеганию (см. табл. 2, 3). Показатели структуры урожая доноров скороспелости Кибцел и Кибкор находились на уровне среднего родителя или превышали его.

На рисунках 1–3 показана динамика изменения признаков структуры урожая в течение пяти лет изучения ультраскороспелых доноров относительно стандартного сорта 'Белогорский'. Наименее изменчивым признаком оказалась продолжительность периода «всходы – колошение». Продолжительность периода «всходы – колошение» доноров была на 7–9 дней короче, чем у сорта-стандарта 'Белогорский'. Низкая норма реакции данного показателя может являться залогом успеха в создании скороспелых сортов ячменя. Пониженная сумма осадков в июне 2019 г. (см. табл. 1) привела к снижению высоты растений у доноров скороспелости. Влагообеспеченность в июне 2016, 2017 г. привела к увеличению длины соломины донора короткостебельности Кибкор.

Таблица 2. Характеристика изучаемых форм ячменя по некоторым селекционным признакам (Пушкин)
Table 2. Some breeding characteristics of the studied barley forms (Pushkin)

Год изучения	Родительские формы, доноры	«Всходы – колошение», дни	Высота растения, см.			Длина колоса, см.			Число колосков			Число зерен с колоса		
			lim	$X \pm S_{\text{Хр}}$	S	lim	$X \pm S_{\text{Хр}}$	S	lim	$X \pm S_x$	S	lim	$X \pm S_{\text{Хр}}$	S
2015	Белогорский	41	90–102	96,1±0,8	3,16	5,5–7,1	6,3±0,2	0,53	33–51	42,1±2,1	6,67	31–46	37,8±1,5	4,82
	к-15881	34	60–71	67,0±0,7	2,85	3,1–4,5	3,7±0,2	0,46	20–29	23,6±0,9	2,87	10–24	16,5±1,3	4,03
	Кибел	33	86–96	90,3*±1,1	3,37	5,0–6,8	5,6*±0,2	0,6	28–38	33,1*±1,2	3,7	17–25	21,6*±0,9	2,95
	Кицел	33	75–89	83,2*±1,1	4,36	4,3–5,5	4,8*±0,1	0,42	31–39	34,5*±0,8	2,42	18–31	24,9*±1,2	3,84
	Кибкор	34	51–66	58,2*±1,2	4,46	4,0–5,1	4,5*±0,1	0,36	22–38	29,2*±1,5	4,68	16–29	23*±1,5	4,69
2016	Белогорский	44	84–100	91,8±1,4	5,53	5–10,2	7,1±0,3	1,36	41–86	55,1±2,9	11,25	26–63	42,1±2,5	9,68
	к-15881	35	72–82	74,9±0,8	2,64	3,0–4,5	4,1±0,2	0,57	24–36	30,4±1,4	4,5	7–21	14,8±1,7	5,41
	Кибел	35	65–90	79,5*±1,8	6,85	5,2–6,9	5,9*±0,1	0,48	35–45	39,7*±0,7	2,69	21–37	28,1*±1,2	4,68
	Кицел	33	68–94	77,3*±1,8	6,9	4,9–6,9	6*±0,2	0,58	39–54	46,7*±0,9	3,73	23–43	33,6*±1,5	6,1
	Кибкор	35	63–70	67,7*±0,6	2,29	4,9–6,9	5,8*±0,1	0,52	36–42	40,2*±0,6	2,12	18–36	28,3*±1,3	4,84
2017	Белогорский	48	85–106	97,9±1,3	5,18	4,2–7,2	5,7±0,2	0,74	30–54	43,5±1,5	5,93	27–48	35,3±1,8	7
	к-15881	38	63–78	71,1±1,1	4,29	2,9–4,8	3,7±0,2	0,6	21–36	28,7±1	3,85	9–28	19,6±1,5	5,49
	Кибел	38	83–98	90,4*±1,1	4,57	4,7–7,5	5,7±0,2	0,72	30–48	39,4*±1,1	4,55	17–28	22,6*±0,8	3,12
	Кицел	39	86–102	94,8*±0,7	3,25	5,0–7,7	6,1±0,1	0,64	42–51	47,7*±0,6	2,69	30–45	37,6±0,9	4,1
	Кибкор	40	70–84	77,7*±1	3,92	4,6–6,0	5,5±0,1	0,4	36–45	39,5*±0,7	2,61	19–34	28,8*±0,9	3,51

Таблица 2. Окончание
Table 2. The end

Год изучения	Родительские формы, доноры	«Всходы – колошение», дни	Высота растения, см.			Длина колоса, см.			Число колосков			Число зерен с колоса		
			lim	$X_{\text{cp}} \pm S_{\text{Xcp}}$	S	lim	$X_{\text{cp}} \pm S_{\text{Xcp}}$	S	lim	$X \pm S_x$	S	lim	$X_{\text{cp}} \pm S_{\text{Xcp}}$	S
2018	Белогорский	45	55-75	66,7±0,8	6,4	5,2-6,8	5,9±0,2	0,61	41-57	46,4±1,6	5,06	29-48	36,9±1,9	5,95
	к-15881	33	48-55	50,5±1,0	2,51	4,2-4,8	4,6±0,1	0,23	24-36	31±1,7	4,1	14-23	18,8±1,3	3,06
	Кибел	35	60-67	63,6±1,3	2,89	5,6-8,6	6,6*±0,5	1,18	39-51	43,8±2	4,55	17-38	26,4*±3,7	8,2
	Кибецел	34	52-63	57,5*±1,3	3,98	5,3-6,8	6±0,2	0,5	39-48	44,1±0,9	2,85	16-38	29,6*±2,1	6,62
	Кибкор	37	38-49	43,9*±1,4	4,26	4,9-6,1	5,6±0,2	0,5	36-45	39,8*±0,97	2,91	24-36	29,6*±1,4	4,28
2019	Белогорский	41	92-111	99,4±2,1	6,7	8,1-11,0	7,9±0,5	1,4	42-69	53,2±2,3	7,2	35-55	42,3±2,3	7,3
	к-15881	29	51-62	59,2±1,8	5,7	4,6-5,8	5,3±0,1	0,4	30-48	38,6±1,6	5	19-30	23,5±1,2	3,9
	Кибелулуч- шенный	33	58-79	68,4*±0,9	7,5	5,8-8,3	7,3±0,2	0,8	42-60	52,3±1,8	5,6	34-51	42,3±1,8	5,7
	Кибецел	34	55-65	61*±1,6	5,2	5,5-7,3	6,4*±0,2	0,6	42-54	47,4*±1,2	3,7	14-40	33*±2,4	7,4
	Кибкор	32	48-60	55,1*±1,1	3,6	6,1-8,1	7,0±0,2	0,5	39-51	46,8*±1,0	3,2	17-38	28,1*±2,2	7

Примечание: lim – пределы варьирования признака; $X_{\text{cp}} \pm S_{\text{Xcp}}$ – среднее, ошибка среднего; S – стандартное отклонение; * – достоверно отличается от стандарта 'Белогорский' по t-критерию Стьюдента

Note: lim – limits of the character's variation; $X_{\text{cp}} \pm S_{\text{Xcp}}$ – mean, error of the mean; S – standard deviation; * – significantly differs from the reference 'Belogorsky' according to Student's t-test

Таблица 3. Показатели структуры урожая изучаемых форм ячменя (Пушкин)

Table 3. Yield structure indicators in the studied barley forms (Pushkin)

Год изучения	Родительские формы, доноры	Масса зерна с колоса, г			Масса зерна с растения, г			Масса 1000 зерен, г
		lim	$X_{\text{ср}} \pm S_{\text{хср}}$	S	lim	$X_{\text{ср}} \pm S_{\text{хср}}$	S	
2015	Белогорский	1,13–1,86	1,53±0,08	0,24	–	–	–	40,4
	к-15881	0,28–0,82	0,53±0,05	0,16	–	–	–	32,2
	Кибел	0,8–1,15	0,96*±0,04	0,13	–	–	–	44,4
	Кибцел	0,65–1,03	0,89*±0,04	0,14	–	–	–	35,7
	Кибкор	0,52–1,09	0,74*±0,05	0,17	–	–	–	32,3
2016	Белогорский	0,41–1,96	1,03±0,11	0,41	0,88–4,9	2,56±0,37	1,42	24,4
	к-15881	0,22–0,63	0,42±0,04	0,14	0,64–3,16	1,24±0,24	0,77	28,3
	Кибел	0,58–0,99	0,78*±0,03	0,13	1,26–8,3	3,49*±0,48	1,84	27,7
	Кибцел	0,65–1,21	0,88±0,04	0,15	1,12–6,65	2,90±0,46	1,80	26,2
	Кибкор	0,59–1,24	0,92±0,05	0,19	2,16–5,55	3,69*±0,3	1,10	32,4
2017	Белогорский	0,75–1,93	1,3±0,09	0,34	1,3–4,9	2,30±0,30	1,28	36,7
	к-15881	0,23–1,09	0,6±0,06	0,21	0,49–5,57	2,14±0,39	1,47	30,4
	Кибел	0,81–1,2	1,02*±0,03	0,12	1,1–7,36	3,57*±0,15	1,60	44,8
	Кибцел	0,98–1,48	1,23±0,03	0,14	1,2–6,1	3,10±0,30	1,37	33,0
	Кибкор	0,71–1,42	1,19±0,04	0,17	2,2–8,0	4,30*±0,50	1,83	41,3
2018	Белогорский	0,79–1,9	1,21±0,1	0,33	0,79–4,2	2,25±0,31	0,99	33,0
	к-15881	0,28–0,71	0,52±0,06	0,16	0,3–1,21	0,75±0,13	0,32	26,2
	Кибел	0,62–1,58	0,87±0,18	0,40	0,77–3,27	2,17±0,46	1,05	33,1
	Кибцел	0,49–1,02	0,85*±0,05	0,16	1,16–5,75	2,20±0,41	1,30	28,6
	Кибкор	0,71–1,19	0,97*±0,05	0,16	0,86–2,17	1,55±0,14	0,41	32,7
2019	Белогорский	1,53–2,95	1,89±0,12	0,39	2,86–11,67	6,72±0,87	2,76	44,8
	к-15881	0,56–1,08	0,88±0,05	0,17	0,96–2,76	1,89±0,17	0,54	35,0
	Кибел улучшенный	1,5–2,77	2,02±0,14	0,46	2,74–6,44	4,15*±0,39	1,23	47,7
	Кибцел	0,3–1,5	1,2*±0,1	0,34	1,5–4,3	2,74*±0,28	0,87	36,3
	Кибкор	0,9–1,5	1,18*±0,08	0,25	1,4–3,4	2,22*±0,20	0,63	41,9

Примечание: lim – пределы варьирования признака; $X_{\text{ср}} \pm S_{\text{хср}}$ – среднее, ошибка среднего; S – стандартное отклонение; * – достоверно отличается от стандарта 'Белогорский' по *t*-критерию Стьюдента

Note: lim – limits of the character's variation; $X_{\text{ср}} \pm S_{\text{хср}}$ – mean, error of the mean; S – standard deviation; * – significantly differs from the reference 'Belogorsky' according to Student's *t*-test

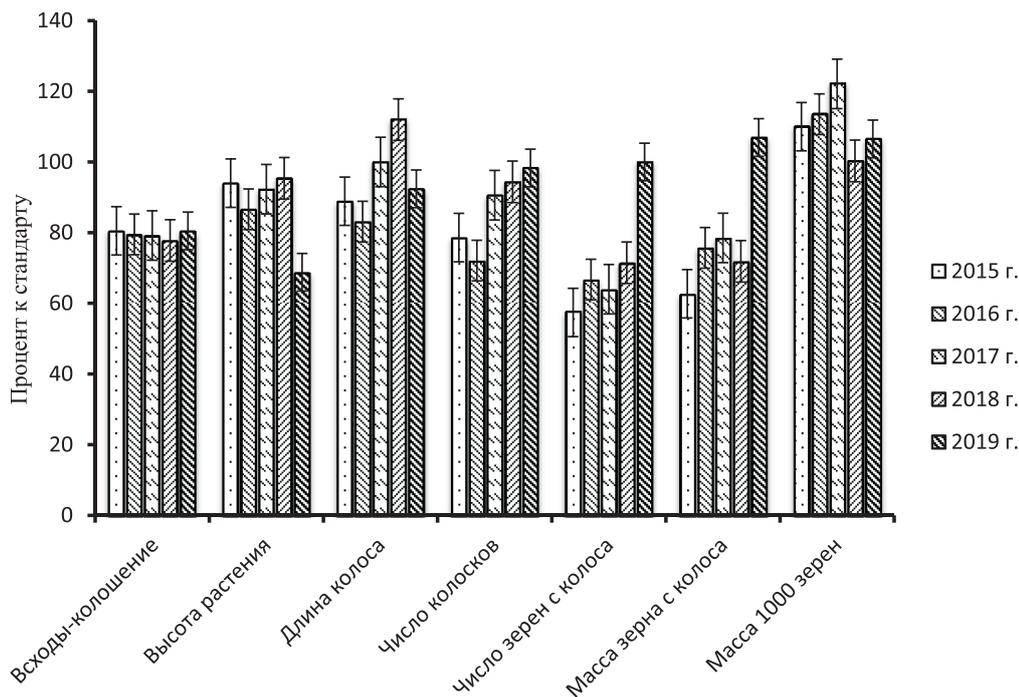


Рис. 1. Динамика изменения признаков структуры урожая донора Кибел относительно стандарта 'Белогорский' (100%)

Fig. 1. Dynamics of changes in the yield structure characteristics of the donor Kibel compared to the reference 'Belogorsky' (100%)

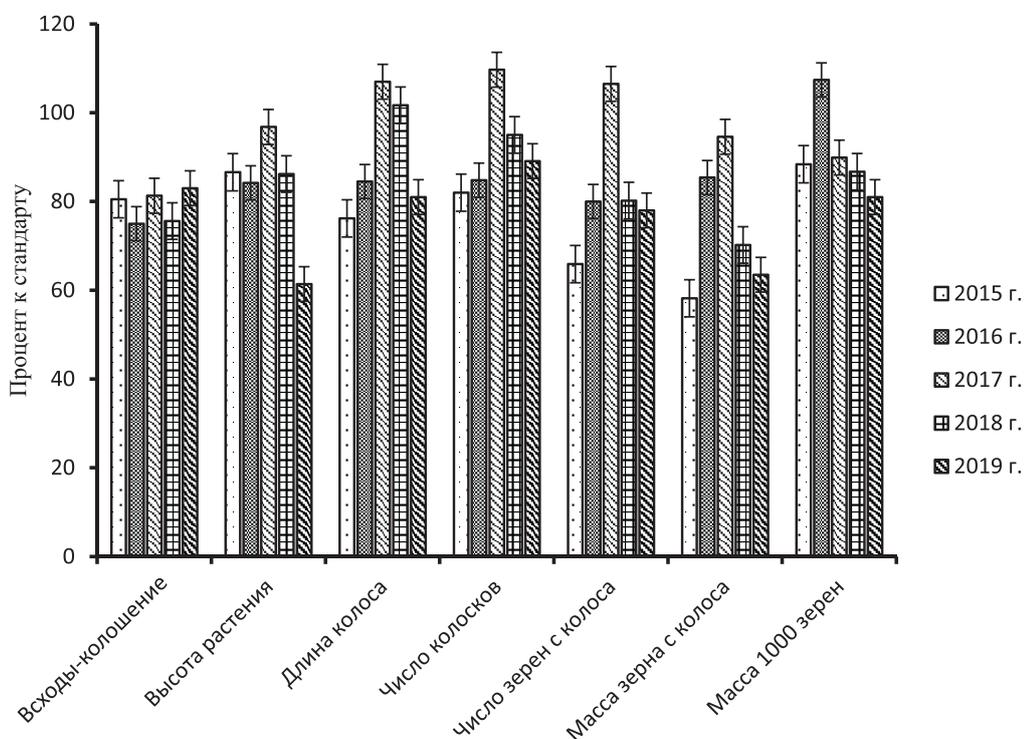


Рис. 2. Динамика изменения признаков структуры урожая донора Кибцел относительно стандарта 'Белогорский' (100%)

Fig. 2. Dynamics of changes in the yield structure characteristics of the donor Kibtsel compared to the reference 'Belogorsky' (100%)

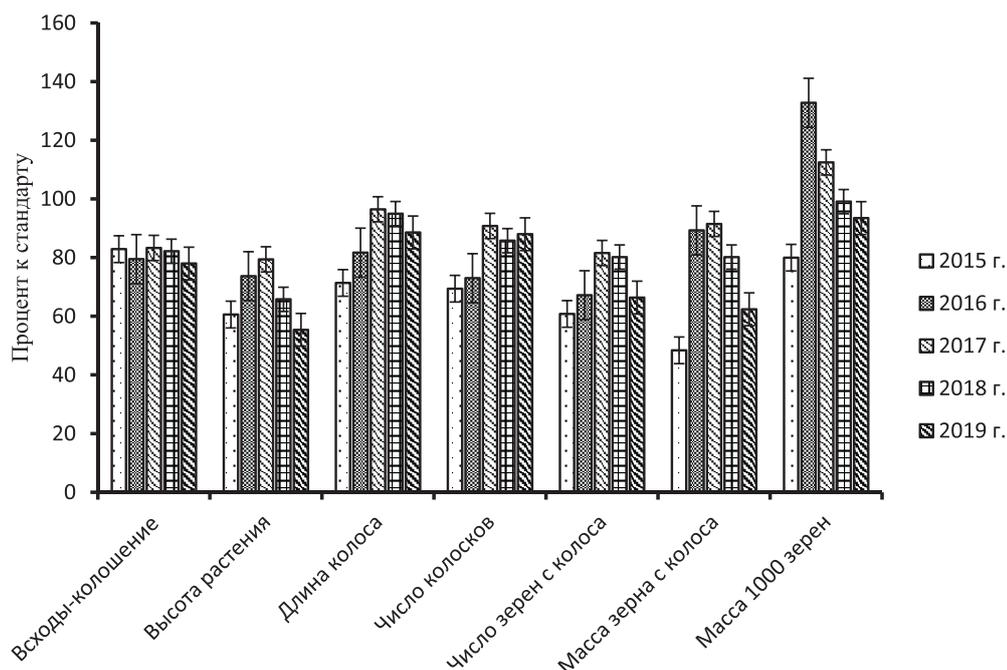


Рис. 3. Динамика изменения признаков структуры урожая донора Кибкор относительно стандарта 'Белогорский' (100%)

Fig. 3. Dynamics of changes in the yield structure characteristics of the donor Kibkor compared to the reference 'Belogorsky' (100%)

По годам исследований высота растений линии Кибкора была ниже на 20–40%, чем у сорта-стандарта 'Белогорский'. По высоте растений норма реакции изучаемых форм оказалась выше, чем по периоду «всходы – колошение». Изменчивость данного признака не оказала негативного влияния на устойчивость к полеганию доноров Кибел, Кибцел и Кибкор.

Отборы растений с лучшей выраженностью признаков оказывали влияние на показатели продуктивности колоса. На рисунке 1 видно положительное направление динамики элементов продуктивности колоса донора Кибел относительно стандарта 'Белогорский'. Особенно отчетливо это видно на признаках: число колосков, число зерен с колоса и масса зерна с колоса. Следует отметить невысокую норму реакции донора Кибел по массе 1000 зерен, которая в течение пяти лет изучения находилась на уровне стандарта или его превышала. На показатели, определяющие продуктивность колоса у доноров Кибцел и Кибкор, заметно влияли условия среды. В 2017 г. на длину колоса, число колосков, число зерен с колоса, массу зерна с колоса донора Кибцел благоприятно воздействовали гидротермические факторы, а в 2016 г. для доноров Кибцел и Кибкор метеоусловия благоприятствовали наливу зерна. Сравнивая показатели продуктивности колоса во время изучения, видно, что селекционный фактор играет значительную роль в урожайности зерна (см. рис. 2, 3). На примере создания ультраскороспелых доноров выявлена возможность сочетания скороспелости и продуктивности.

Заключение

Созданы доноры ультраскороспелости Кибел, Кибел улучшенный, Кибцел и скороспелый донор короткостебельности Кибкор. Скороспелость данных форм контролируют три рецессивных гена. Продолжительность пе-

риода «всходы – колошение» доноров была на 20% ниже уровня стандарта. Донор Кибел по длине колоса и массе 1000 зерен близок к стандартному сорту 'Белогорский'; донор Кибел улучшенный по всем элементам продуктивности колоса не отличался от стандарта. Длина колоса и масса 1000 зерен у голозерного донора скороспелости Кибцел приближались к сорту 'Белогорский'. Высота растений донора короткостебельности и скороспелости Кибкор на 20–40% ниже стандарта; длина колоса и крупнозерность находятся на уровне стандарта. Ультраскороспелость доноров имеет низкую норму реакции, что указывает на их высокую адаптивность. Полученные доноры высокоустойчивы к полеганию. На примере создания Кибела улучшенного показана возможность получения форм, сочетающих высокую скороспелость и продуктивность. Созданные формы представляют интерес для селекции на скороспелость в зонах, где длина вегетационного периода является лимитирующим фактором.

Работа выполнена в рамках государственного задания согласно тематическому плану ВИР по проекту № 0662-2019-0006 «Поиск, поддержание жизнеспособности и раскрытие потенциала наследственной изменчивости мировой коллекции зерновых и крупяных культур ВИР для развития оптимизированного генбанка и рационального использования в селекции и растениеводстве».

The work was performed within the framework of the State Task according to the theme plan of VIR, Project No. 0662-2019-0006 "Search for and viability maintenance, and disclosing the potential of hereditary variation in the global collection of cereal and great crops at VIR for the development of an optimized genebank and its sustainable utilization in plant breeding and crop production".

References/Литература

- Batakova O.V., Korelina V.A. The effect of yield structure elements on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) productivity in the environments of Russia's Extreme North. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(3):50-58. [in Russian] (Батакова О.В., Корелина В.А. Влияние элементов структуры урожая на продуктивность ячменя ярового (*Hordeum vulgare* L.) в условиях Крайнего Севера РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(3):50-58). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-50-58
- Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Ershova L.A., Golova T.G. Role of VIR genofund in creation of cultivars of spring barley for Southeast Region of Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2013;171:199-202 [in Russian] (Ершова Л.А., Голова Т.Г. Роль генофонда ВИР в создании сортов ярового ячменя для юго-востока ЦЧП. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013;171:199-202).
- Kovaleva O.N., Ivanova N.N. New barley genetic resources for breeding at Northern-West Russia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2013;171:284-286 [in Russian] (Ковалева О.Н., Иванова Н.Н. Новый исходный материал для селекции ячменя на Северо-Западе России. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013;171:284-286).
- Kozubovskaya G.V., Balakshina V.I. The results of the ecological study of different ecotypes of spring barley varieties in the dry conditions of the Volgograd Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(3):60-67. [in Russian] (Козубовская Г.В., Балакшина В.И. Результаты экологического испытания сортов ярового ячменя различных экотипов в засушливых условиях Волгоградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):60-67). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-60-67
- Kozubovskaya G.V., Kozubovskaya O.Y., Balakshina V.I. The forming of productivity in spring barley varieties in the dry steppe zone of Volgograd Province. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(3):21-27. [in Russian] (Козубовская Г.В., Козубовская О.Ю., Балакшина В.И. Формирование продуктивности сортов ярового ячменя в сухостепной зоне Волгоградской области. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(3):21-27). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-21-27
- Loskutov I.G., Kovaleva O.N., Blinova E.V. Methodological guidance for studying and maintaining VIR's collections of barley and oat. St. Petersburg: VIR; 2012. [in Russian] (Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н., Блинова Е.В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: ВИР; 2012).
- Merezhko A.F. The problem of donors in plant breeding. St. Petersburg: VIR, 1994. [in Russian] (Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекции растений. Санкт-Петербург: ВИР; 1994).
- Novikova L.Yu., Loskutov I.G., Kovaleva O.N. Trend analysis of value agronomic traits of standards oat and barley varieties in 1980–2011. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2013;171:136-142 [in Russian] (Новикова Л.Ю., Лоскутов И.Г., Ковалева О.Н. Анализ тенденций изменений хозяйственно ценных признаков стандартных сортов овса и ячменя в 1980–2011 гг. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2013;171:136-142).
- Rigin B.V., Zuev E.V., Tyunin V.A., Shreyder E.R., Pyzhenkova Z.S., Matvienko I.I. Breeding and genetic aspects of creating productive forms of fast-developing spring bread wheat. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(3):194-202. [in Russian] (Ригин Б.В., Зуев Е.В., Тюнин В.А., Шрейдер Е.Р., Пыженкова З.С., Матвиенко И.И. Селекционно-генетические аспекты создания продуктивных форм мягкой яровой пшеницы с высокой скоростью развития. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(3):194-202). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-3-194-202
- Rodina N.A., Shchennikova I.N. The use of the Vavilov Institute's global genetic diversity in barley breeding for resistance to acidic soils (Ispolzovaniye mirovogo genofonda VNIIR im. N.I. Vavilova v seleksii yachmenya na ustoychivost k kislym pochvam). In: *Health – Nutrition – Biological Resources (Zdorovye – pitaniye – biologicheskiye resursy)*. *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference in Commemoration of the 125th Birthday of Academician N.V. Rudnitsky*. Kirov; 2002. p.238-244. [in Russian] (Родина Н.А., Щенникова И.Н. Использование мирового генофонда ВНИИР им. Н.И. Вавилова в селекции ячменя на устойчивость к кислым почвам. В кн.: *Здоровье – питание – биологические ресурсы. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию со дня рождения академика Н.В. Рудницкого*. Киров; 2002. С.238-244).
- Zveinek I.A., Kovaleva O.N. Genetic control of ultra-earliness in Chinese barley landraces. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2017;178(3):91-96. [in Russian] (Звейнек И.А., Ковалева О.Н. Генетический контроль ультраскороспелости местных образцов из Китая. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2017;178(3):91-96). DOI: 10.30901/2227-8834-2017-3-91-96

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The authors declare the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Звейнек И.А., Ковалева О.Н. Создание доноров ультраскороспелости ячменя. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020;181(4):83-92. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-83-92

Zveinek I.A., Kovaleva O.N. Developing donors of ultra-early maturity in barley. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(4):83-92. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-4-83-92

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-4-83-92>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Авторы одобрили рукопись / The authors approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Kovaleva O.N. <https://orcid.org/0000-0002-3990-6526>

Zveinek I.A. <https://orcid.org/0000-0003-1236-6408>